

## Foszforoldódási és megkötési vizsgálatok Baranya megyei barna erdőtalajokon

FÁBRY GYÖRGY NÉ

OMMI Talajtan Osztály, Budapest

A dolgozatban a szervesetlen foszforsav oldódásával és megkötődésével, valamint az oldható foszforsav, bevitt foszforsav különböző frakcióival foglalkozom. Az oldódás és a megkötődés az egész foszforproblémának két jelentős kérdéscsoportja, mely a foszforsav kötésforma szerinti megoszlását tekintve annyira elsősorban a szervesetlen foszforsavhoz tartozik, mint az ásványosodás a szerveshez.

A szervesetlen foszforsav (kalciumfoszfátok, lúgosjellegű szeszkvioxidfoszfátok) az oldódással és a megkötődéssel kapcsolódik be a foszforsav nagy, összefogó folyamatába: a talaj foszfátgyensúlyának szabályozásába.

Jóllehet a foszforsav oldódása és megkötődése a talajban főként a két szervesetlen foszfátcsoporthoz kötött folyamat, jelen dolgozatomban nem külön-külön ezek oldódási és megkötődési mechanizmusát, hanem a folyamatok végső eredményét ismertetem.

### Vizsgálati anyag és módszer

A vizsgálathoz 68 szelvény művelt rétegét használtam fel, ezek a Baranya megyei Szalatnak, Alsómocsolád, Gerényes, Csikóstöttös községekből származó közép- és délkeleteurópai barna erdőtalajok. Az említett községek területén ez a főtípus az uralkodó, de mint általában minden hegyvidéken, úgy itt is a talajok többé-kevésbé erodálódtak, következésképp más helyen felhalmozódás jelentkezik — deluviális hordaléktalaj formájában. Így a vizsgálati anyagom ezekre is kiterjed.

A talajokat a helyszíni és a laboratóriumi alapvizsgálatokkal jellemeztem.

Az oldódási kísérletekben az oldható foszforsavat EGNÉR és RIEHM eljárása szerint [4], KÜHN rendszerével [5] folyamatosan, háromszori kioldással határoztam meg. Az első kioldással a könnyen oldható, a másodikkal a közepesen oldható és a harmadikkal a gyengén oldható foszforsavat nyertem.

A megkötődési kísérleteket szintén folyamatosan, háromszori kioldással végeztem, oly módon, hogy az első kioldás előtt különböző (10, 20, 50 mg) foszforsavadagokat adtam 100 g talajra számítva. A további kioldásoknál foszfátoldatot nem használtam. A bevitt foszforsav a háromszori kioldásnál három frakcióra különült: 1. a jól oldódó frakció, mely bevitel után nem kötődött le és az első kioldásnál oldott állapotban volt mérhető, 2. a lazán kötött frakció, mely talajhoz adás után lekött, de a második és harmadik kioldásnál újra oldódott, 3. az erősen kötött frakció, mely hozzáadás után lekö-

tódott és három kioldás után is kötött állapotban maradt. A bevitt foszforsav lekötött része tehát két frakcióból áll: a lazán és az erősen kötöttből.

A vizsgálati adatokat statisztikai módszerekkel dolgoztam fel, hogy a tényezők között az összefüggéseket kimunkáljam. Az összefüggéseken kívül igyekeztem a tendenciákat is megfigyelni. A felismert és leírt összefüggéseket, tendenciákat a dolgozatomban nem vizsgálom a talajok típusával illetve változtatásával összefüggésben, mert a minták származási helyét az erózió rendkívül heterogénné tette. A művelt réteg genetikai szintjének a megjelölésével nem lehet pontosan meghatározni és elkülöníteni a talajokat. Továbbá: jelen dolgozatomban az oldódási és megkötődési vizsgálatok kizárólag a művelt rétegekre vonatkoznak, így két szempontból is indokolatlan lett volna a vizsgálati adatok típusra való finomítása vagy kidolgozása.

### Az eredmények értékelése

A vizsgálati adatokból ( $n = 68$ ) először a korrelációs és regressziós számításokat végeztem, melyeknél az alábbi együtthatókat kaptam:

1. Könnyen oldható foszforsav: összes oldható foszforsav
 
$$r = 0,973 \pm 0,006$$

$$b_{yx} = 1,366 \pm 0,075$$
2. Könnyen oldható foszforsav: lazán + erősen kötött foszforsav (10 mg)
 
$$r = -0,514 \pm 0,089$$
3. Közepesen + gyengén oldható foszforsav: jól oldható foszforsav (10 mg)
 
$$r = 0,449 \pm 0,094$$
4. Összes oldható foszforsav (z): lazán kötött foszforsav (10 mg, y): erősen kötött foszforsav (10 mg, x):
 
$$r = 0,654 \pm 0,068$$

$$r_{xz} = 0,577 \pm 0,080$$

$$r_{yz} = 0,173$$
5. Összes oldható foszforsav (z): lazán kötött foszforsav (20 mg, y): erősen kötött foszforsav (20 mg, x):
 
$$r = 0,675 \pm 0,066$$

$$r_{xz} = 0,423 \pm 0,099$$

$$r_{yz} = 0,468 \pm 0,095$$
6. Összes oldható foszforsav (z): lazán kötött foszforsav (50 mg, y): erősen kötött foszforsav (50 mg, z):
 
$$r = 0,756 \pm 0,052$$

$$r_{xz} = 0,679 \pm 0,065$$

$$r_{yz} = 0,283$$
7. Erősen kötött foszforsav (10 mg, y): erősen kötött foszforsav: (20 mg, x) erősen kötött foszforsav (50 mg, z):
 
$$r = 0,838 \pm 0,036$$

$$r_{xz} = 0,866 \pm 0,030$$

$$r_{yz} = 0,097$$

Az összefüggések abszolút mennyiségekre vonatkoznak.

Az 1. korrelációs koefficiens szerint rendkívül szoros az összefüggés a könnyen oldható és az összes oldható foszforsav között. A két adatsor összefüggése az egyenes egyenletével közelíthető meg legjobban. A lineáris regressziós egyenlet általános alakja:  $Y' = a + b \times x$

Az egyenlet a és b konstansainak kiszámítása után a következő egyenletet kaptam:

$$1. \dots\dots\dots Y' = 2,0852 + 1,3660 \times x,$$

ahol X a könnyen oldható, Y' az összes oldható foszforsavat jelenti.

Az egyenlet segítségével közelítő pontossággal kiszámíthatjuk az egy-szeri kioldással nyert könnyen oldható foszforsavból a háromszori kioldás összes oldható mennyiségét. A regressziós koeficiens konfidenciaintervalluma [9]  $P = 5\%$  szinten  $1,3660 \pm (1,99 \times 0,0038) = 1,3660 \pm 0,0756$ , tehát a regressziós koeficiens  $P = 5\%$  szinten legalább 1,2904 és legfeljebb 1,4416 mg.

Az oldódási vizsgálatok szerint a 68 talajminta könnyen oldható foszforsav mennyisége kevés. 25 mintában az összes oldható foszforsav is kevés, 5 mg-nál kevesebb, és csak 21 mintában találtam 10 mg-nál több összes oldható foszforsavat. A talajok e foszfortartalom szerinti megoszlása nem egyezik a terület eléggé egységes talajával. Rendszertanilag két fő típus található a területen: 1. Közép- és délkelet-európai barna erdőtalaj, 2. erdős területek lejtőhordaléka. Az egyezést nem erősíti az sem, ha a főtípust változatig lebontom. A talajok könnyen oldható foszfortartalma nem függ a talaj típusától [6]. Ugyanez vonatkozik az összes oldható foszforsavra is, tekintettel arra, hogy a könnyen oldható foszforsavval az összefüggés lineáris.

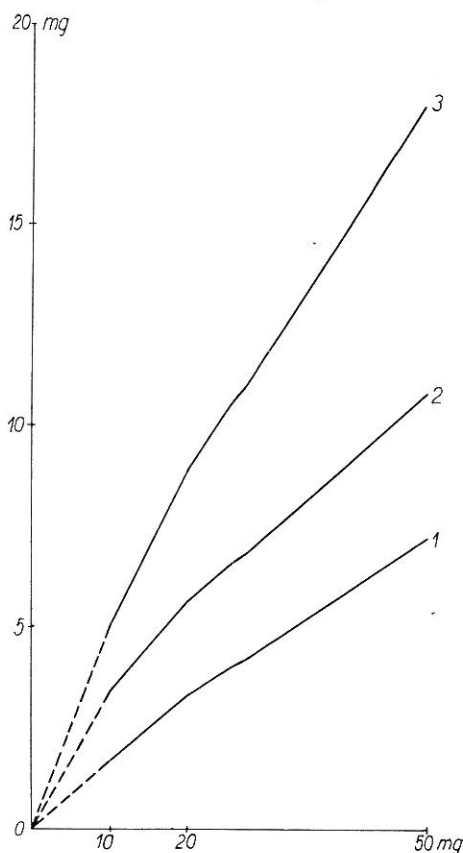
A 68 talajmintánál a könnyen oldható foszforsav az összes oldható %-ában 56,7, a közepesen + gyengén oldható foszforsav 43,3%. A középértéket 5,2-ről a második és a harmadik kioldás 9,2 mg-ra növelte. Ezek a számok már jellemzőek e talajok tulajdonságaira. Az összes oldható foszforsav frakcióinak megoszlása gyakorlati szempontból is lényeges sajátossága a talajoknak.

A 2. korrelációs koeficiens a könnyen oldható foszforsav és a 10 mg foszforsavadagból adszorbeált mennyiség (lazán + erősen kötött foszforsav) összefüggését mutatja. Az oldható foszforsav vizsgálatának ezt a relatív módszerét: trágyázatlan talajnak trágyázotthoz képest történő vizsgálatát DWORKIN és VÁRALLYAY vezették be hazánkban. [3, 10]. Az OMMI budapesti Talajtani Osztálya jelenleg is ezzel a módszerrel dolgozik. Az így végzett vizsgálatok a könnyen oldható foszforsavon kívül megadják a 10 mg-os foszforsav adagból lekötött mennyiséget is, ami tájékoztatást nyújt arról, hogy foszfortrágyázás esetén milyen mértékű foszforvesztésre (adszorpció) számíthatunk. A 100 g talajra számított 10 mg  $P_2O_5$  felülmúlja az általánosan használt adagot, de kisebb adaggal történő laboratóriumi trágyázásnál a kívánt célt nem érünk el. Az 1. ábra a vizsgált 68 minta középértékében mutatja a 10, 20, 50 mg-os adagok foszforvesztéseit és a görbék szaggatott vonalú meghosszabbítása pedig a kisebb adagok fiktív értékeit. A 3. korrelációs együttható szerint a közepesen + gyengén oldható foszforsav és a 10 mg foszforadag jól oldódó frakciója között csak laza összefüggés van.

A 4–6. korrelációs együtthatók az összes oldható foszforsav és a különböző (10, 20, 50 mg) foszforadagok lazán és erősen kötött frakcióinak összefüggéseit adják meg. A növekvő foszforadagokkal a korreláció erősödik; 10 mg-os adagnál 0,654, 20-asnál 0,675 és 50-esnél 0,756. A 10 mg-os adagnál az egyik részkorreláció (összes oldható foszforsav: erősen kötött foszforsav) 0,577, a másik részkorreláció (összes oldható foszforsav: lazán kötött foszforfrakció) már nem számottevő. A 20 mg-os adagnál mind a két részkorreláció lazább volt, mint az összkorreláció. Az 50 mg-os adagnál az összes oldható foszforsav: erősen kötött foszforsav között a korreláció szorosabb volt, mint az

összkorreláció, a másik részkorreláció (az összes oldható foszforsav: lazán kötött foszforsav) azonban jelentéktelen.

A 7. korrelációs együttható a különböző foszforsavadagokból erősen leköötött foszforfrakciók összefüggését mutatja. Az összkorreláció és a 20, 50



1. ábra

A 10, 20, és 50 mg-os foszforadagok lazán és erősen kötött frakcióinak megoszlása abszolút értékekben. 1. Lazán kötött frakció; 2. Erősen kötött frakció; 3. Lazán + erősen kötött frakciók.

mg-os adagok erősen kötött foszforfrakciói között a korreláció szoros; a 10 és 50 mg-os adagok erősen kötött frakciói között az összefüggés laza.

A tényezők összefüggése az egyenes alábbi egyenletével közelíthető meg legjobban:

$$z = bx + cy$$

Az egyenlet  $b$  és  $c$  konstansait a megfelelő képletekkel számítottam [7].

A konstansok helyettesítésével a következő egyenleteket kaptam:

II (10 mg)  $z = 1,7719 x + 0,9310 y,$

III (20 mg)  $z = 0,7261 x + 1,3557 y,$

IV (50 mg)  $z = 0,59865 x + 0,32675 y,$

V  $z = 2,01081 x - 0,18053 y,$

A II–IV egyenletben  $z$  az összes oldható foszforsav,  $x$  az erősen és  $y$  a lazán kötött foszforsav. Az V. egyenletben  $y$  a 10 mg,  $x$  a 20 mg és  $z$  az 50 mg talajhoz adott adagok erősen kötött foszforfrakciói.

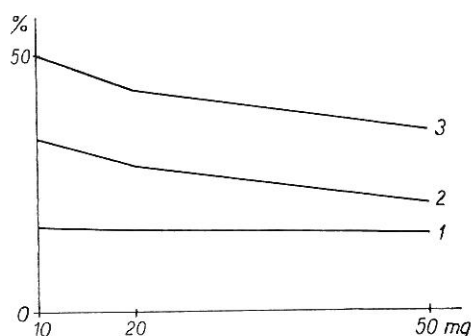
Az oldható foszforsav frakcióinak egymáshoz való arányán kívül e talajok foszforforgázkódásának másik lényeges sajátossága a foszforsav lekötődése. Kifejezésre jutnak benne a megkötődés tényezői: a mechanikai összetétel kolloid frakciója, az adszorbensek mennyisége, fajtája, megoszlása, a talaj kémhatása stb. Ha a foszforsav lekötődését változásában vizsgáljuk, betekintést nyerhetünk az illető talaj foszfordinamikájába. A változásban való vizsgálat egyik módja, hogy a talajok különböző (10, 20, 50 mg) foszforsavadagokból lekötött mennyiségeit vizsgálom. A vizsgálat további dinamikus vonása, hogy a lekötött mennyiségnél figyelembe veszem az erősen és lazán kötött frakciókat.

Gyakorlati szempontból rendkívül lényeges tehát, a bevitt foszforsav viselkedése a talajban; oldódása, megkötődése és a kötés erőssége.

Feltehető, hogy a bevitt foszforsav jól oldódó frakciója a talaj oldható foszfortartalmával együtt a növény számára rendelkezésre áll. A lazán kötött foszforsav bevitelkor lekötődik, de laza kötésű, oldás hatására felszabadul. Feltehetően a tenyészidő folyamán hasonlóképpen viselkedik. Ha elfogadjuk, hogy a növények tápanyagfelvételének nem előfeltétele a tápanyagok könnyen oldható volta [2], akkor az adszorbeált foszforsavnak lényegesebb szerepet kell tulajdonítanunk. Ilyen nézőpontból a lazán kötött foszforsav feltehetően megelőzi az erősen kötöttet; szükség esetén tehát a növények számára tápanyag. Ezáltal bizonyos mértékig elősegíti a növények folyamatos foszforellátását.

A lazán kötött foszforsav abszolút mennyisége a talajba vitt adagokkal nő [8], amint az 1. ábra mutatja. A 10, 20, 50 mg-os adagokból laza kötésbe kerülő foszforsav relatív mennyisége közel azonos (2. ábra). A 4–6. korrelációs együtthatók szerint a laza kötésű foszforsav sem az összes oldható, sem az erősen kötött foszforsavval nincs szoros összefüggésben.

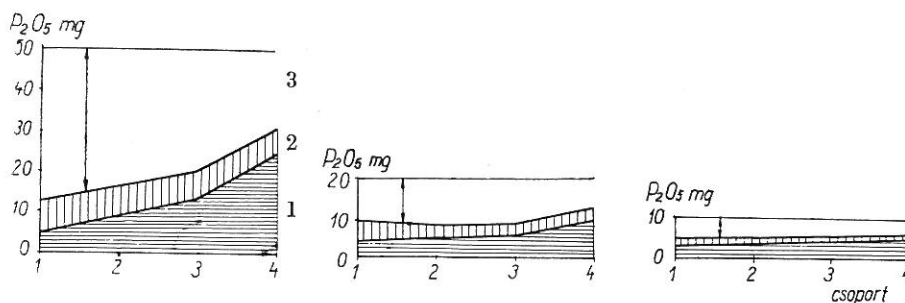
A laboratóriumi megkötődési kísérleteknél bevitel után az erős kötésű foszforsav lekötődik és három kioldással sem lehet szabaddá tenni. Feltehetően azok az adszorpciós erők, amelyek a laboratóriumi vizsgálatok alkalmával működtek, ha nem is teljesen azonosan, de természetes körülmények között



2. ábra

A 10, 20, és 50 mg-os foszforadagok lazán és erősen kötött frakcióinak megoszlása az adagok %-ában. 1. Lazán kötött frakció; 2. Erősen kötött frakció; 3. Lazán + erősen kötött frakciók.

is a lekötés tényezői. Az erősen kötött foszforsav mennyiségének az ismerete mind elméleti, mind gyakorlati szempontból hasznos. Elméleti szempontból azért, mert jellemzi a talajok foszfortelítettségét, dinamikáját. Gyakorlati szempontból pedig azért, mert szántóföldi kísérlet hiányában segítséget nyújthat a foszfortrágya-szükséglet tervezésénél. A talajok könnyen oldható foszfortartalma ehhez kevés, ezt mutatja a 2. korrelációs együttható, amely a 10 mg foszforadagból lazán + erősen kötött foszforsav és a könnyen oldható foszforsav között nem jelez szoros korrelációt. Az oldható foszforsav és a megkötődés együtt már több támpontot nyújt a tervezéshez. Erre a célra a 10 mg-os foszforadag használatos, jóllehet nem általánosan használt szántóföldi adag. Azonban, ha figyelembe vesszük, amit az 1. ábra is kifejez, hogy az erősen



3. ábra

A különböző adagok (10, 20 és 50 mg  $P_2O_5/100$  g talaj) foszforfrakciói. 1. Erős kötési frakciók; 2. Laza kötési frakciók; 3. Jól oldódó frakciók.

lekötött foszforsav abszolút mennyisége az adaggal nő, akkor a 10 mg-os foszfortrágyázás tapasztalatai jól hasznosíthatók.

A talajok foszfortelítettségéről teljesebb a képünk, ha többféle dózissal végezzük a vizsgálatokat. Másképpen bíráljuk el azokat a talajokat, amelyek a növekvő adagokból fokozatosan több foszforsavat kötnek meg erősen, mint azokat, amelyek a 20, esetleg az 50 mg-os adagnál már nem kötnek le erősen foszforsavat vagy foszfatolizist mutatnak. Az 50 mg-os foszforadag erősen kötött frakciója azonkívül a foszforra nézve telítetlen talajoknál a foszforforgázkodás alapadata, melynek segítségével, — a foszfortrágya hatásfokának növelése céljából — a talajkolloidok adszorpciós kapacitását telíthetjük. A szorbeneknek ugyanis van egy telítettségi színvonala, a telítettség kritikus zónája, amelyen alul a lekötött foszforsavat a növény nem képes hasznosítani [11].

A talajok foszfortrágya-igényének meghatározására szolgáló egyszerű kioldási módszereknél tehát több támpontot nyújt, ennél fogva megbízhatóbbnak látszik a talaj foszforállapotának egybevetése a foszfortelítettség fokával [1].

A 4–6. korrelációs együtthatók szerint az erősen kötött foszforsav az összes oldható foszforsavval és a lazán kötött foszforsavval az adagok növekedésével szorosodó összefüggést mutat. A különböző adagok erősen kötött foszforfrakciói szoros korrelációról tanuszkodnak, főként a 20 és 50 mg-os adag erősen lekötött foszformennyiségei.

A 4–7. korrelációs együtthatók tényezőinek és összefüggéseinek vizsgálata céljából a talajokat 1–4 csoportba osztottam. Az osztályozás az 50 mg-os

foszforadagból erősen kötött foszformennyiségek alapján történt, mert ez az adatsor adta a legszorosabb korrelációt mind az összes oldható foszforsavval, mind pedig a 20 mg-os adagból erősen kötött frakcióval. A tényezők abszolút értékeit a 3. ábra szemlélteti.

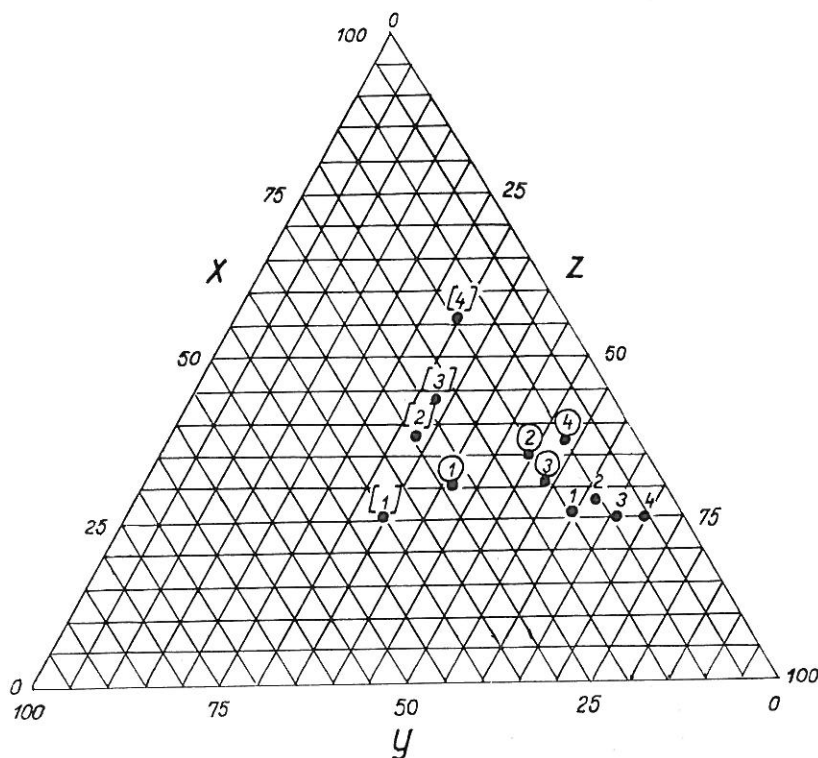
Az 1. csoport mind a három (10, 20, 50 mg) foszforadagból a legkevesebbet kötötte meg. A vizsgált talajok közül legtöbb ebbe a csoportba tartozik.

Az 1. és 2. csoport talajai között főként az 50 mg-os adagból való erősen lekötött foszformennyiségben volt lényeges különbség. Az előző csoport 4,7 mg-jával szemben 9,1 mg.

A 3. csoport talajainál már nagy az eltérés (3,6–13,0 mg) a 10-es és az 50 mg-os adag erősen kötött foszformennyiségei között.

A vizsgált talajok közül a 4. csoport talajai a legfoszforigényesebbek; a háromféle foszforadagból egyaránt közel 50%-ot kötöttek le erősen.

A háromtényezős összefüggésnek megfelelően a tényezők relatív értékeit háromtengelyes grafikonon ábrázoltam. A relatív értékek az egyes tényezőknek a három tényező összegében kifejezett mennyiségei; tehát a grafikonon arányok szerepelnek. A 4. ábrán jól kitűnik az 1–4. talajcsoport erősen kötött



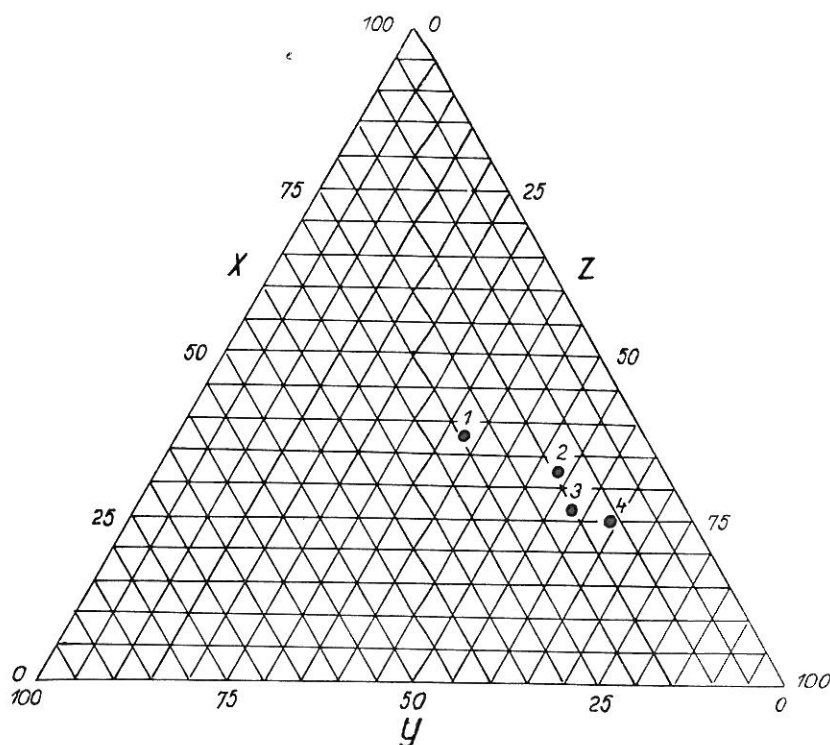
4. ábra

Összefüggés a talajok könnyen oldható, lazán és erősen kötött foszforfrakciói között 10, 20 és 50 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g talaj adagolásánál. x = az erősen kötött foszforsav; y = a lazán kötött foszforsav; z = az összes oldható foszforsav. Talajcsoportok: sima számok 10 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g talaj; körbeírt számok 20 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g talaj; szögletes zárójelbe írt számok 50 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g talaj.



frakcióinál a 10, 20, 50 mg-os adagok fokozatossága. A 10 mg-os adagnál az egyes csoportok az x tengely 25-ös vonala mentén helyezkednek el és az erősen kötött mennyiségek különbségei kicsik. A pontok mértani helye az y tengely felé hajló. A 20 mg-os adagnál a csoportok az x tengely 27,5–36,0 vonalai között találhatók, tehát a különbségek már nagyobbak. A csoportpontok mértani helye is már az y tengelytől elhajló. Az 50 mg-os adagnál a csoportok az x tengely 25,0–55,0 vonalai között vannak. Az erősen kötött frakciók különbségei tehát az 50 mg-os adagnál a legnagyobbak.

A lazán kötött foszforsavnál az adagok növekedésével ugyanazt a fokozatosságot láthatjuk, mint az erősen kötött frakciónál. A 10 mg-os adagból az 1–4. csoport talajai lazán csaknem azonos mennyiségű foszfort kötöttek le, intervallumuk 1,5–1,8 mg. A 20 mg-os adagból már több a laza kötésű foszforfrakció és a csoportok között különbségek mutatkoztak: 2,9–4,5 mg, az 1., 3. csoport talajaiban több, a 2., 4. csoport talajaiban kevesebb és közel azonos mennyiségű. Legtöbb foszforsav kötődött le lazán az 50 mg-os adagból és a csoportok között szintén vannak különbségek (6,2–8,0 mg). A csoportok közti megoszlás megegyező a 20 mg-os adag laza kötésű foszforfrakcióival. Ennél az adagnál is több a laza kötésű frakció az 1., 3. és kevesebb a 2., 4. csoport talajaiban.



5. ábra

Összefüggés a 10, 20 és 50 mg  $P_2O_5/100$  g talaj erősen lekötött foszforfrakciói között.  $y = 10$  mg  $P_2O_5$ ;  $x = 20$  mg  $P_2O_5$  és  $z = 50$  mg  $P_2O_5/100$  g talaj erősen kötött foszforfrakciója. Számok a talajcsoportokat jelzik.



A csoportok összes oldható foszforsav mennyiségének a növekvő adagokhoz való aránya csökkenő tendenciát mutat, amennyiben a 10 mg-os adagnál a csoportpontok a 60,0–70,0, a 20 mg-os adagnál 40,0–55,0, az 50 mg-os adagnál pedig 30,0–35,0 értéket jelző vonalak között helyezkednek el.

A három tényező intervallumai, valamint a lazán és erősen kötött foszforsavfrakciók a csoportoknál a foszforadaggal növekszenek, úgyszintén a három tényező összkorrelációja is az adag növekedésével szorosabbá válik.

Az 5. ábra a különböző foszforadagok erősen kötött foszforfrakcióinak az összefüggését mutatja háromtengelyes grafikonon. Az 1–4. csoport erősen kötött foszforfrakciói a 10 mg-os adagnál a 10,0–25,0, a 20 mg-os adagnál a 25,0–40,0 és az 50 mg-os adagnál 35,0–65,0 értékű vonalak között változnak. Az erősen kötött foszforfrakciók tehát az adagokkal nőnek és intervallumuk az 50 mg-os adagnál legnagyobb. A háromféle adag erősen kötött foszforfrakciói viszonylag szoros korrelációt mutatnak. A 20 és az 50 mg-os adagok erősen kötött foszformennyiségei között még az összkorrelációnál is szorosabb az összefüggés.

### Összefoglalás

A dolgozatban a szervetlen foszforsav oldódásával és megkötődésével, valamint az oldható és a bevitt foszforsav frakcióival foglalkoztam. Az oldódási kísérletekben a könnyen, közepesen és gyengén oldható foszforsav, a megkötődési kísérletekben a különböző (10, 20, 50 mg/100 g talaj) foszforsav-adagok jól oldódó, lazán és erősen kötött frakcióinak változásait vizsgáltam.

Az összes oldható és a bevitt foszforsav frakcióinak megoszlása a talajok foszfordinamikájára jellemző lehet.

A lazán és erősen kötött foszforfrakciók mennyisége a bevitt adagok nagyságával növekszik.

A könnyen oldható: összes oldható foszforsav korrelációja szoros ( $r = 0,973 \pm 0,006$ ,  $b_{yx} = 1,366 \pm 0,075$ ).

A könnyen oldható foszforsav: adszorbeált (lazán + erősen kötött) foszforsav korrelációs együtthatója  $-0,514 \pm 0,089$ .

Az összes oldható foszforsav: lazán kötött foszforsav: erősen kötött foszforsav korrelációja a foszforadagokkal erősödik: 10 mg-os adagnál 0,654, 20-asnál 0,675 és az 50-esnél 0,756.

A különböző foszforsav-adagok erősen kötött frakciói között az együttható  $0,838 \pm 0,036$ .

Az adatpárok összefüggéseit az egyenes egyenleteivel (I–V) fejeztem ki.

### Irodalom

- [1] BECKWITH, R. S.: Chemical extraction of nutrients in soils and uptake by plants. *Agrochimica* **7**, 296–313. 1963.
- [2] BENKO, V., HAMPL, J. & VUNK, L.: Priserpok ku studiu sorpcio a uvul novamia fosfora na hnedozemi a podzolovanej pode. *Rostlinna Vyroba*. **9**, 1209–1216. 1963.
- [3] DWORÁK, L.: A trágyaszükséglet megállapításának fordulópontjához. *Kísérletügyi Közl.* **39**, 1–8. 1935.
- [4] EGNÉR, H., RIEHM, H. & DOMINGO, W. R.: Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kunigl. Lantbrukshögsk. Ann.* **26**, 199–215. 1960.
- [5] KÜHN, I.: Vizsgálatok a talajok felvehető káli- és foszforsavkészletének megállapítására. *Kísérletügyi Közl.* **38**, 189–206. 1935.

- [6] MÁTÉ, F. & LATKOVICS, GY.-NÉ: A rádióaktívjelzés alkalmazása a foszfortápanyag felvehetőségének vizsgálatában. III. Agrokémia és Talajtan **3**. 445–450. 1963.
- [7] NIKLAS, H. & MILLEK, M.: Korrelationsrechnung und ihre Anwendung auf Statistik, Versuchswesen, Vererbungslehre, Wissenschaft und Technik. Helingsche Verlagsanstalt. Leipzig. 1940.
- [8] SCHLAGER, H.: Die Fruchtfolgedüngung. Förderungsdienst. **11**. 69–79. 1963.
- [9] SVÁB, J.: Statisztikai módszerek mezőgazdasági kutatók számára. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1961.
- [10] VÁRALLYAY, GY.: Adatok a trágyahatás megítélésének kérdéséhez. Mezőgazd. Kut. **6**. 303–308. 1933.
- [11] TIULIN, A. TH.: Availability of soil phosphates for the plant from the viewpoint of colloid chemistry. Soil Sci. **42**. 291–299. 1936.

*Erkezett: 1965. január 6.*

## Investigations of Solution and Binding of Phosphorus in Brown Forest Soils of Baranya County

J. FÁBRY

Department of Soil Science, National Institute of Agricultural Quality Testing, Budapest

### Summary

The paper deals with solution and binding of inorganic phosphoric acid and with different fractions of the phosphoric acid introduced. For the analysis 68 central and south east European brown forest soil samples from Baranya county and the cultivated layer of deluvial fluvialite deposit were used.

In the solution experiments the changes of the readily, medium and poorly soluble phosphoric acid, in the binding experiments those of the readily soluble, loosely and strongly bound fractions of various (10, 20, 50 mg/100 g soil) phosphoric acid doses were investigated.

The distribution of the fractions of total soluble and introduced phosphoric acid is characteristic of the phosphorus dynamics of the soils.

The amount of the loosely and strongly bound phosphorus fractions increases with the doses introduced.

The correlation between readily soluble and total soluble phosphoric acid is rather close ( $r = 0.973 - 0.006$ ,  $b_{yx} = 1.366 \pm 0.075$ ).

The correlation coefficient between readily soluble and absorbed (loosely + + strongly bound) phosphoric acid is  $-0.514 \pm 0.089$ .

The correlation total soluble phosphoric acid: loosely bound phosphoric acid: strongly bound phosphoric acid increases with the phosphorus dosage rates: it is 0.654 at the 10 mg dosis, 0.675 with 20 and 0.756 with 50 mg.

Between the strongly bound fractions of the various phosphoric acid doses the coefficient is  $0.838 \pm 0.036$ .

The relationships of the pairs of data were expressed with the equations of the straight (I–V).

*Fig. 1.* Distribution of the loosely and strongly bound fractions of the 10, 20, 50 mg phosphoric acid doses in absolute values. 1. Loosely bound fraction, 2. Strongly bound fraction. 3. Loosely and strongly bound fractions.

*Fig. 2.* Distribution of the loosely and strongly bound fractions of 10, 20, 50 mg phosphorus doses in per cent of the doses. 1. Loosely bound fraction, 2. Strongly bound fraction, 3. Loosely + strongly bound fractions.

*Fig. 3.* Phosphorus fractions of the various doses (10, 20, 50 mg  $P_2O_5$ /100 g soil). 1. Strongly bound fractions. 2. Loosely bound fractions. 3. Readily soluble fractions.

*Fig. 4.* Relationship between readily soluble, loosely and strongly bound phosphorus fractions of the soils at the dosage rates of 10, 20, 50 mg  $P_2O_5$ /100 g soil.  $x$  = strongly bound phosphoric acid,  $y$  = loosely bound phosphoric acid,  $z$  = total soluble phosphoric acid. Soil groups marked with numbers: 10 mg  $P_2O_5$ /100 g soil. Soil groups marked with numbers in circle: 20 mg  $P_2O_5$ /100 g soil. Soil groups marked with numbers in square bracket: 50 mg  $P_2O_5$ /100 g soil.

*Fig. 5.* Relationship between the strongly bound phosphorus fractions of 10, 20, 50 mg  $P_2O_5/100$  g soil.  $y$  = strongly bound phosphorus fraction of 10 mg  $P_2O_5/100$  g soil,  $x$  = strongly bound phosphorus fraction of 20 mg  $P_2O_5/100$  g soil,  $z$  = strongly bound phosphorus fraction of 50 mg  $P_2O_5/100$  g soil. Numbers: soil groups.

## Recherches sur la solubilisation et l'adsorption de l'acide phosphorique dans les sols forestiers bruns du comitat de Baranya

I. FÁBRY

Section Pédologique de l'Institut National pour la Qualification des Sols et des Produits Agraires, Budapest

### Résumé

Dans ce mémoire l'auteur s'occupe de la question de la solubilisation et de l'adsorption du phosphore inorganique, ainsi que des différentes fractions du phosphore soluble introduit dans le sol. Pour les recherches l'auteur s'est servi de 68 échantillons de sols forestiers bruns de l'Europe Centrale et du Sud-Ouest, ainsi que de la couche labourée de sols déluviaux de transport provenant du Comitat de Baranya.

1. L'auteur a exécuté les essais de solubilisation selon la méthode d'Egnér-Richm continuellement avec trois extractions, ainsi elle a obtenu trois fractions: phosphore facilement, médiocrement et difficilement soluble.

2. Les essais d'adsorption ont aussi été exécutés sans discontinuer par trois extractions, de la sorte qu'avant la première extraction l'on a ajouté diverses fractions de phosphore au sol (10, 20, 50 mg pour 100 de sol). Le phosphore ajouté au sol a été différencié par les trois extractions en trois fractions: 1. fraction facilement soluble, 2. fraction faiblement adsorbée et 3. fraction fortement adsorbée.

3. La corrélation entre le phosphore facilement soluble et le phosphore soluble total est étroite ( $r = 0,970 \pm 0,007$ ,  $b_{yx} = 1,398 \pm 0,083$ ).

4. Le coefficient de corrélation entre le phosphore facilement soluble et le phosphore adsorbé (faiblement + fortement) est  $0,514 \pm 0,089$ .

5. La corrélation phosphore soluble total: phosphore faiblement adsorbé: phosphore fortement adsorbé s'accroît avec les doses de phosphore: avec la dose de 10 mg elle est 0,654, avec la dose de 20 mg 0,675 et avec la dose de 50 mg 0,756.

6. Entre les fractions fortement adsorbées des différentes doses de phosphore (10, 20, 50 mg) le coefficient (pour la corrélation totale) est  $0,838 \pm 0,039$ .

7. L'adsorption du phosphore faiblement adsorbé augmente lors de l'apport de la dose de phosphore, mais il est libéré par l'effet de l'extraction, sa quantité augmente avec les doses.

8. L'adsorption du phosphore fortement adsorbé augmente lors de l'apport de la dose de phosphore, il n'est pas libéré par les trois extractions; sa quantité augmente aussi avec les doses. Cela peut servir d'indication lors de l'estimation du besoin d'engrais (perte par adsorption, saturation de la capacité d'adsorption).

9. L'auteur a classé en quatre groupes les échantillons de sols examinés d'après la fraction de phosphore fortement adsorbé de la dose de 50 mg.

10. L'auteur a exprimé la corrélation des paires de données par des équations (I-V).

*Fig. 1.* Répartition des fractions faiblement et fortement adsorbées des doses de phosphore de 10, 20 et 50 mg en valeurs absolues. 1. Fraction faiblement adsorbée. 2. Fraction fortement adsorbée. 3. Somme des fractions 1 et 2.

*Fig. 2.* Répartition des fractions faiblement et fortement adsorbées des doses de phosphore de 10, 20 et 50 mg en pourcent des doses. 1. Fraction faiblement adsorbée. 2. Fraction fortement adsorbée. 3. Somme des fractions 1 et 2.

*Fig. 3.* Fractions adsorbées du phosphore des diverses doses (10, 20 et 50 mg/100 g de terre). 1. Fraction fortement adsorbée. 2. Fraction faiblement adsorbée. 3. Fraction facilement soluble.

*Fig. 4.* Rapport entre les fractions facilement soluble, faiblement et fortement adsorbée avec des doses de 10, 20 et 50 mg  $P_2O_5/100$  g de terre.  $X$  = phosphore fortement adsorbé,  $y$  = phosphore faiblement adsorbé,  $z$  = phosphore soluble total.

Chiffres: groupes de terres (10 mg  $P_2O_5/100$  g de terre).

Chiffres encadrés: groupes de terre (20 mg  $P_2O_5$ /100 g de terre).

Chiffres en crochets: groupes de terre (50 mg  $P_2O_5$ /100 g de terre).

Fig. 5. Rapport entre les fractions de phosphore des traitements de 10, 20 et 50 mg  $P_2O_5$ /100 g de terre.  $y$  = fraction fortement adsorbée de 10 mg de  $P_2O_5$ /100 g de terre,  $x$  = fraction fortement adsorbée de 20 mg de  $P_2O_5$ /100 g de terre,  $z$  = fraction fortement adsorbée de 50 mg de  $P_2O_5$ /100 g de terre.

Les chiffres indiquent les groupes de terre.

## Изучение условий растворения и фиксации фосфора в бурых лесных почвах области Бараня

И. ФАБРИ

Государственный Институт по Контролю Качества Почв и с. х. Продукции, Отдел Почвоведения, Будапешт

### Резюме

Автор в настоящей статье занимается вопросами растворения и связывания неорганической фосфорной кислоты, а также различными фракциями растворимой и внесенной фосфорной кислоты. Для исследования использовался пахотный горизонт 68-ми бурых лесных и делювиальных наносных почв Средней и Юго-восточной Европы (окрестности сёл области Бараня).

В опытах по растворимости изучалась динамика легко-, средне- и слабо-растворимых фракций фосфорной кислоты, а в опытах по фиксации — изменение хорошо растворимой, рыхло- и прочносвязанных фракций различных доз фосфорной кислоты (10, 20, 50 мг/100 гр почвы).

Распределение фракций общей, растворимой и внесенной фосфорной кислоты характерно для динамики фосфора в почвах.

Количество рыхло- и прочносвязанных фракций фосфора увеличивается параллельно повышению доз внесения фосфора.

Между содержанием легко-растворимой фосфорной кислоты и общим содержанием растворимой фосфорной кислоты наблюдается тесная корреляция. ( $r = 0.973 \pm 0.006$ ,  $b_{yx} = 1.366 \pm 0.075$ ). Коэффициент корреляции легко-растворимой фосфорной кислоты: адсорбированной (рыхло + прочносвязанной) фосфорной кислоты =  $0.514 \pm 0.089$ .

Корреляция между общим содержанием растворимой фосфорной кислоты, рыхло-связанной и прочносвязанной фосфорной кислоты с повышением доз фосфора увеличивается, при дозе 10 мг равна 0.654, при 20 мг — 0.675 и при 50 мг — 0.756.

Коэффициент корреляции между прочносвязанными фракциями различных доз фосфорной кислоты равен  $0.838 \pm 0.036$ .

Зависимость между парными величинами выражена уравнениями прямой. (I—V.)

Рис. 1. Распределение рыхло- и прочносвязанных фракций в 10, 20 и 50 мг-вых дозах фосфора, в абсолютных величинах. 1. Рыхлосвязанная фракция. 2. Прочносвязанная фракция. 3. Сумма фракций.

Рис. 2. Распределение рыхло- и прочносвязанных фракций при дозах фосфора в 10, 20 и 50 мг, в % от доз. 1. Рыхлосвязанная фракция. 2. Прочносвязанная фракция. 3. Сумма фракций.

Рис. 3. Фракции при дозах фосфора в 10, 20 и 50 мг/100 гр почвы. 1. Прочносвязанная фракция. 2. Рыхлосвязанная фракция. 3. Легко-растворимая фракция.

Рис. 4. Зависимость между легко-растворимой и рыхло- и прочносвязанной фракциями фосфора в почвах при дозах внесения фосфора в 10, 20 и 50 мг./100 гр почвы.  $x$  = прочносвязанная фракция фосфорной кислоты,  $y$  = рыхлосвязанная фракция фосфорной кислоты,  $Z$  = вся растворимая фосфорная кислота. Числа обозначают почвенные группы (10 мг  $P_2O_5$ /100 гр почвы). Цифра в кружке обозначает почвенные группы (20 мг  $P_2O_5$ /100 гр почвы). Цифры в скобках обозначают почвенные группы (50 мг  $P_2O_5$ /100 гр почвы).

Рис. 5. Зависимость между прочносвязанными фракциями фосфора в почве при дозах 10, 20 и 50 мг/100 гр почвы.  $y$  = 10 мг  $P_2O_5$ /100 гр почвы прочносвязанной фракции фосфора.  $x$  = 20 мг  $P_2O_5$ /100 гр почвы прочносвязанной фракции фосфора.  $Z$  = 50 мг  $P_2O_5$ /100 гр почвы прочносвязанной фракции фосфора. №-Почвенные группы.